

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Siwalan

2.1.1 Deskripsi Tanaman Siwalan

Tanaman siwalan memiliki nama latin *Borassus flabellifer* L. merupakan jenis palma yang tumbuh di Asia Tenggara dan juga Asia Selatan. Di Asia Tenggara salah satunya ialah di Indonesia yang biasa tumbuh subur di Jawa Timur dan Jawa Tengah bagian timur, Bali, Madura, Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat dan Sulawesi (Suroyya, 2016).

Tanaman siwalan memiliki nama lokal atau daerah yang berbeda-beda seperti di (Sulawesi Selatan) Tala , (Toraja) Lontara ,(Banjar) Lontar, Siwalan , (Jawa) Ental, Etal, Lontar, Tal, (Sumbawa) Jun Tal , (Minangkabau) Lonta dan (Ambon) Lontoir (Fauziah, 2015).

2.1.2 Morfologi Tanaman Siwalan

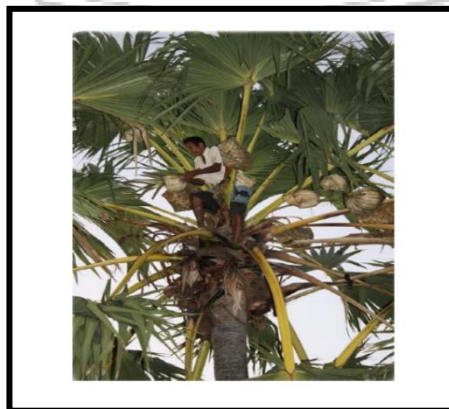
Tanaman siwalan merupakan pohon yang memiliki batang lurus, tidak bercabang dengan tinggi dapat mencapai 15-40 meter. Pohon siwalan biasanya tumbuh sendiri atau kebanyakan secara berkelompok dan berdekatan. Memiliki kulit luar pada batang berwarna hitam seperti tanduk dengan urat bergaris-garis kuning. Tajuk memiliki tinggi dapat mencapai 4 meter. Setiap pohon siwalan memiliki mahkota sekitar 30-40 tangkai daun. Satu helai daun pohon siwalan dapat berkembang dengan luas hingga mencapai 1 meter dengan kira-kira menghasilkan 12 sampai 14 helai daun setiap tahunnya dengan umur hidup dapat selama 3-4 tahun. Helaian daun berbentuk bulat dengan diameter hingga 2,5-4 cm

serta menjari. Tangkai daun memiliki panjang hingga 1 meter, pelepah lebar, bagian atas berwarna hitam serta terdapat duri.

Buah siwalan berbentuk bulat seperti peluru dengan diameter mencapai 7-10 cm, berat 1,5-2,5 kg yang memiliki warna ungu tua hingga hitam. Daging buah muda siwalan berwarna keputih-putihan dan pada saat dewasa berwarna kuning yang telah berubah menjadi serabut. Pohon siwalan terdiri atas 2 jenis yakni siwalan jantan dan siwalan betina. Nira dapat dihasilkan oleh kedua jenis pohon yakni jantan maupun betina, namun buahnya hanya dapat dihasilkan oleh siwalan betina (Fauziah, 2015).

2.1.3 Klasifikasi Tanaman Siwalan

Kingdom : Plantae
 Divisi : Angiospermae
 Kelas : Monocotyledonae
 Ordo : Palmae
 Famili : Palmaceae
 Genus : *Borassus*
 Species : *Borassus flabellifer* Linn (Suroyya, 2016).



Gambar 2.1 Pohon Siwalan
 (Heryani, 2016)

2.1.4 Manfaat Tanaman Siwalan

Siwalan memiliki banyak manfaat mulai dari nira yang dapat dibuat sebagai penghasil minuman segar dan makanan penyegar ataupun sebagai makanan pencuci mulut, gula merah, gula semut dan cuka (Umam, 2016). Selain nira, bagian dari tanaman siwalan lainnya dapat dimanfaatkan sebagai berikut :

- 1) Akar pada tanaman siwalan memiliki bentuk serabut panjang dan besar, dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, pupuk, atau obat tradisional
- 2) Batang muda yang memiliki tekstur lunak dapat diolah menjadi bahan pangan sagu sedangkan batang yang telah tua dapat dijadikan sebagai bahan bangunan
- 3) Tulang daun (lidi) dan daun tua dapat dijadikan sebagai bahan pendukung rumah seperti dinding, atap, bahan bakar dapur, bahan anyaman, tali dan alat music tradisional yakni sasando
- 4) Buah yang muda dapat diolah menjadi bahan pangan (Apriyanti, 2018).

2.2 Pemanfaatan Siwalan Untuk Nira

2.2.1 Pembuatan Nira Siwalan Berbasis Masyarakat

Tanaman siwalan atau *Borassus flabellifer* L. merupakan tanaman yang memiliki sifat multiguna. Salah satu pemanfaatan tanaman ini ialah nira yaitu cairan yang keluar dari proses penyadapan bunga pohon siwalan oleh petani. Nira biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai minuman tradisional yang disebut dengan “*Legen*” (Hawa et al, 2019).

Legen merupakan salah satu nama minuman tradisional yang berasal Indonesia. Legen memiliki cita rasa yang manis dan segar. Legen dapat dimanfaatkan menjadi seperti minuman segar yang dijadikan minuman isotonic.

Beberapa kandungan gizi pada legen yaitu diantaranya vitamin A, vitamin B, vitamin C, mineral seng, kalium, zat besi, kalsium, protein, serat, dan karbohidrat. Manfaat mengkonsumsi legen ialah melancarkan pencernaan, sebagai obat bagi penderita diabetes, sebagai antibiotik yang baik untuk kesehatan ginjal, mengatasi stress, sebagai anti oksidan dan sebagai obat penyakit kulit (Suprobowati et al, 2018).

Nira siwalan segar dapat dijadikan sebagai bahan baku pengolahan gula siwalan. Nira siwalan yang segar dapat menghasilkan gula siwalan yang berwarna coklat kemerahan, memiliki sifat lebih solid dan memiliki rasa yang lebih manis dibandingkan nira yang telah mengalami proses fermentasi akan menghasilkan gula yang berwarna kekuningan, lunak atau tidak mengeras sehingga tidak dapat dicetak.

Jika nira siwalan telah mengalami proses fermentasi, nira dapat diolah menjadi minuman beralkohol dan cuka. Nira yang menghasilkan minuman beralkohol karena terjadi proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi karena adanya aktifitas mikroorganisme yang dominan dalam nira seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Sedangkan untuk menghasilkan cuka dapat diperoleh melalui proses fermentasi berlanjut yang dimana lama-kelamaan alkohol yang terkandung didalam nira akan terurai dan terbentuk asam asetat (cuka) (Heryani, 2016).

2.2.2 Waktu Penyadapan Nira Siwalan

Penyadapan nira siwalan dapat dilakukan pada tanaman jantan maupun betina. Pada umumnya petani menyadap tanaman jantan untuk dibuat gula sedangkan tanaman betina hanya sebagai minuman atau makanan ternak karena memiliki kadar gula rendah (Firmansyah, 1992).

Tanaman siwalan mulai berbunga saat berumur 14 tahun hingga mencapai umur 60 tahun. Dalam setahun tanaman siwalan dapat disadap selama 6-8 bulan dengan produktifitas nira tiap harinya sekitar 2-5 liter per mayang. Setiap tahunnya nira dapat disadap pada bulan april, mei, juni, juli, agustus, September, oktober dan november. Tanaman siwalan yang dapat disadap ialah yang telah berbunga berwarna kekuning-kuningan yang pada mayang (Firmansyah, 1992).

Cara penyadapan tanaman siwalan memiliki tehnik yang hampir sama di berbagai daerah. Pada pohon yang disadap dapat dilakukan persiapan yang terdiri dari pembersihan tumbuhan pengganggu yang berada disekitar pohon, pemasangan tangga, pembersihan ijuk dan daun disekitar tandan yang akan disadap serta melakukan pematangan tangkai tandan bunga dengan cara menggoyang-goyangkan dan memukul tandan bunga mulai dari bunga hingga ke pangkal dengan menggunakan ganden. Memotong bagian tandan menggunakan parang dan bumbung penampung nira dipasang pada bagian ujung tangkai tandan. Celah yang terdapat antara mulut bumbung dan tangkai tandan ditutup untuk mencegah masuknya kotoran atau serangga ke dalam bumbung yang berisi nira.

Waktu penyadapan dilakukan selama 2 kali sehari. Pada penyadapan pertama dilakukan sekitar pukul 07.00 yang diambil hasilnya di sore hari dan penyadapan kedua dilakukan sekitar pukul 16.00 yang diambil hasilnya di pagi hari. Namun tidak tepatnya waktu melakukan penyadapan dan tidak tepat cara mempersiapkan pelaksanaan penyadapan dapat menyebabkan rendahnya kualitas dan kuantitas nira yang diperoleh dari hasil sadapan (Lempang & Mangopang, 2012).

Hasil penyadapan juga dapat dipengaruhi oleh musim. Pada musim kemarau tanaman siwalan akan menghasilkan nira dengan jumlah yang lebih sedikit namun kadar gulanya cukup tinggi sehingga dapat menghasilkan mutu gula yang lebih baik. Sedangkan pada musim hujan sebaliknya, yakni tanaman siwalan menghasilkan jumlah nira yang lebih banyak namun kadar gula yang rendah (Firmansyah, 1992).

2.2.3 Perdagangan Nira Siwalan

Legen atau nira yang biasanya dijadikan minuman segar di beberapa daerah di Indonesia sangat mudah dijumpai perdagangannya. Legen biasanya dijual di pinggir-pinggir jalan. Terutama pada saat bulan puasa, legen sangat mudah ditemui karena banyak masyarakat sekitar menjadikannya sebagai minuman pelepas dahaga pada saat berbuka puasa (Suprobowati et al, 2018). Namun legen memiliki jangka waktu penyimpanan yang sangat singkat yaitu hanya sekitar 1-2 hari saja. Kemudian pada hari berikutnya legen akan berubah menjadi tuak yang dapat mengakibatkan memabukkan (Mardiyah, 2017). Fungsi nira siwalan selain dijadikan sebagai minuman segar, para petani juga mengolah nira menjadi gula siwalan.

Gula siwalan merupakan salah satu produk siwalan yang berbahan dasar nira. Dengan adanya produk gula siwalan dapat memberi peluang usaha yang lebih bagi petani dan juga dapat meningkatkan pendapatan petani. Gula siwalan yang telah diproduksi oleh petani biasanya akan disetorkan ke pengumpul kemudian ke pasar. Gula siwalan memiliki harga yang relatif tinggi saat dijual sehingga hasil penjualan

juga menguntungkan dibandingkan dengan hasil penjualan nira yang tidak diolah menjadi produk (Sustiyana et al, 2013).

2.3 Fermentasi

2.3.1 Perubahan Kimia dan Fisik pada Nira

Nira siwalan adalah cairan jernih yang keluar dari bagian mala bunga pohon siwalan.. Nira memiliki komponen utama yakni air hingga 75-90% dan sukrosa 8-21% selain itu merupakan senyawa organik maupun anorganik. Kualitas nira yang berasal dari suatu jenis tanaman dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya varietas tanaman, kesehatan tanaman, umur tanaman, iklim dan lain-lain (Suryandari, 2010).

Nira yang memiliki kualitas baik mengandung derajat keasaman (pH) sekitar 4-6, kadar gula >12% dan kadar alkohol <5% (Heryani, 2016). Bila didiamkan dalam beberapa waktu, nira dapat mengalami proses fermentasi yaitu kandungan sukrosa didalam nira oleh mikroba akan diubah menjadi alkohol dan lama kelamaan menjadi asam (Muchtadi et al, 2010).

Proses fermentasi pada nira dapat ditandai dengan faktor yang mempengaruhi kualitas nira secara kimiawi yakni derajat keasaman (pH), kadar gula dan kadar alkohol. Setelah mengalami proses fermentasi maka akan terjadi perubahan pada kandungan senyawa kimia yang ada didalam nira yakni ditandai dengan menurunnya nilai derajat keasaman (pH), naiknya kadar alkohol, kadar gula menjadi semakin rendah dan diikuti dengan jumlah mikroba yang semakin banyak (Suroyya, 2016).

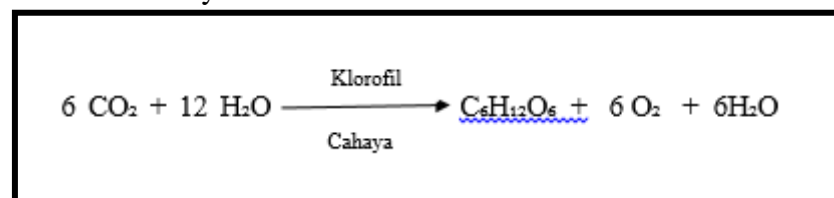
Proses fermentasi nira juga ditandai dengan perubahan secara fisik. Dalam keadaan segar dan kualitas baik nira memiliki rasa yang manis, berbau harum yang

khas dan tidak berwarna. Karena nira mengandung senyawa gula yang merupakan media bagi pertumbuhan mikroba seperti khamir, maka dapat menyebabkan nira mudah sekali mengalami proses fermentasi sehingga menyebabkan menurunnya kualitas nira itu sendiri. Suatu nira yang telah menurun kualitasnya dapat ditandai dengan mulai timbul rasa asam, bau yang tajam, berledir dan juga berbuih (Suryandari, 2010).

2.3.2 Biosintesis Sukrosa

Biosintesis merupakan pembentukan senyawa alami dari molekul-molekul yang strukturnya sederhana menjadi molekul berstruktur kompleks. Dalam tumbuhan yang berklorofil, monosakarida diproduksi melalui proses fotosintesis. Fotosintesis merupakan proses pengubahan energi cahaya menjadi energi kimia. Dalam proses fotosintesis terdiri atas 2 tahap yakni reaksi terang dan reaksi gelap (siklus Calvin).

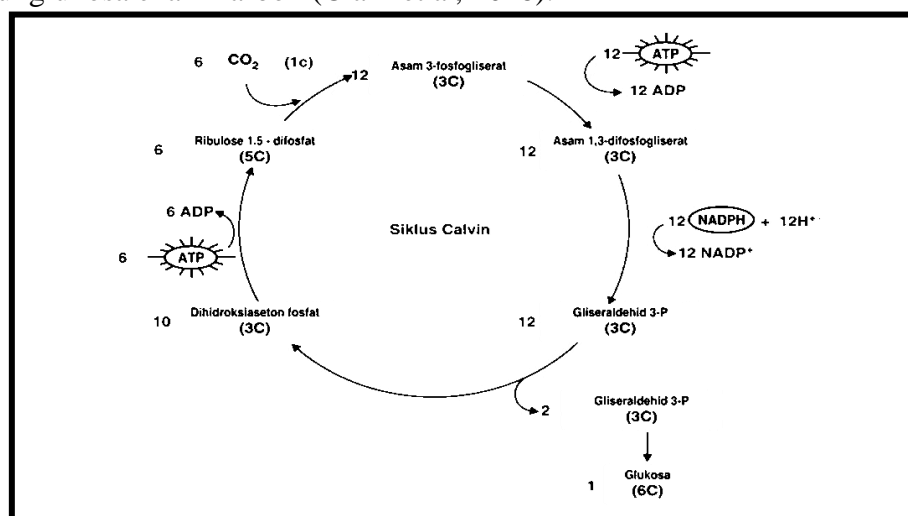
Tahap reaksi terang yaitu terjadi perubahan energi matahari menjadi energi kimia sedangkan pada tahap reaksi gelap (siklus Calvin) yaitu terjadi perubahan CO₂ menjadi gula. Sehingga pada tahap kedua fotosintesis yaitu reaksi gelap terjadi pembentukan gula. Serangkaian reaksi kimia yang kompleks pada fotosintesis dengan persamaan kimia yakni :



Gambar 2.2 Reaksi Kimia Fotosintesis (Campbell & Reece, 2010)

Siklus Calvin berperan dalam pembentukan gula dalam proses fotosintesis. Siklus calvin memiliki tiga tahap. Pada tahap 1 (fiksasi), enzim RuBisCO

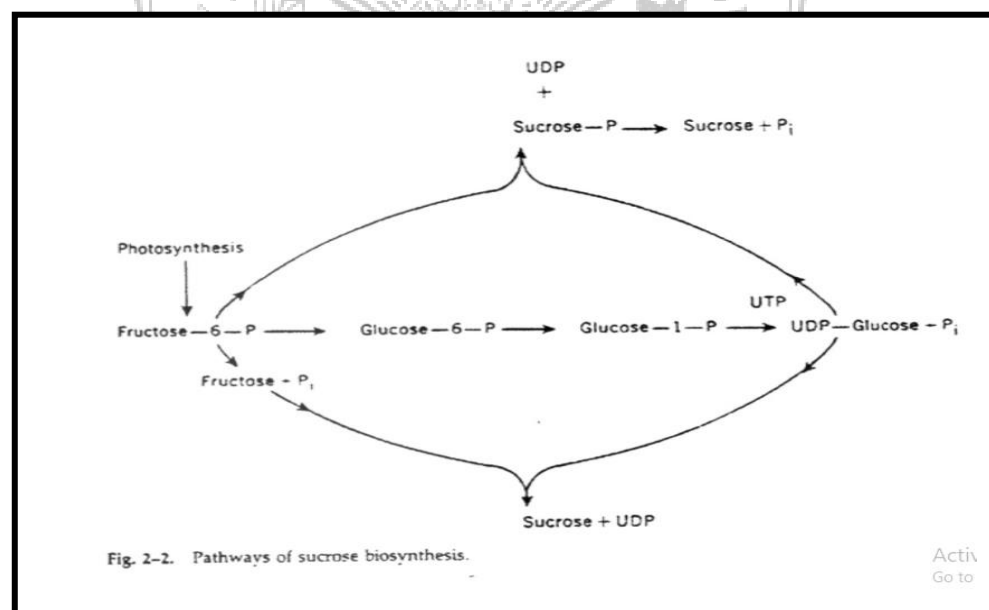
mengkatalis reaksi antar molekul CO_2 dan RuBP. Untuk setiap molekul CO_2 yang bereaksi dengan RuBP, total 3 molekul CO_2 yang bereaksi sehingga terbentuk 3-PGA (Asam 3-Fosfoglisarat). Pada tahap 2 (reduksi), ATP dan NADPH digunakan untuk mengubah enam molekul 3-PGA menjadi enam molekul kimia yang disebut gliseraldehida 3-fosfat (G3P). Hal tersebut merupakan reaksi reduksi karena melibatkan penambahan elektron oleh 3-PGA. Pada tahap 3 (regenerasi), satu dari molekul G3P yang meninggalkan siklus Calvin dan dikirim ke sitoplasma untuk berkontribusi pada pembentukan senyawa lain yang dibutuhkan oleh tanaman sementara lima molekul G3P yang tersisa tetap dalam siklus dan digunakan untuk meregenerasi RuBP. Karena G3P yang diekspor dari kloroplas memiliki tiga atom karbon, dibutuhkan tiga "putaran" siklus Calvin untuk memperbaiki karbon bersih yang cukup untuk mengekspor satu G3P. Hanya satu molekul karbon dioksida yang dimasukkan pada satu waktu, sehingga siklus harus diselesaikan tiga kali untuk menghasilkan molekul G3P tiga karbon tunggal, dan enam kali untuk menghasilkan molekul glukosa enam karbon (Clark et al, 2018).



Gambar 2.3 Jalur Karbon dalam Fotosintesis (Clark et al, 2018)

Sebagian besar tumbuhan membuat lebih banyak materi organik setiap harinya yang dibutuhkan dan digunakan dalam proses respirasi dan prekursor biosintesis. Tumbuhan yang mengandung banyak gula salah satunya dengan cara menyintesis gula (Campbell & Reece, 2010).

Proses pembentukan sukrosa merupakan prekursor biasa untuk sintesis polisakarida. Reaksi terjadi antara glukosa dan fruktosa yang akan membentuk produksi sukrosa dalam suatu mikroorganisme (Wiraatmaja, 2016). Fruktosa 6-fosfat yang diturunkan dari daur fotosintetik akan diubah menjadi glukosa 1-fosfat yang kemudian bereaksi dengan UTP membentuk UDP-glukosa. UDP-glukosa kemudian bereaksi dengan fruktosa 5-fosfat membentuk sukrosa fosfat 1 yang selanjutnya berubah menjadi sukrosa.



Gambar 2.4 Jalur Biosintesis Sukrosa (Tyler et al, 1988)

2.3.3 Fermentasi Nira

Nira yang disimpan pada suhu kamar dapat mengalami proses fermentasi atau peragian gula karena adanya proses enzimatik. Bahan baku energi yang paling

banyak digunakan ialah glukosa. Metabolisme yang terjadi pada proses fermentasi yakni tipe anaerobik yang akan menghasilkan sejumlah energi yang kecil, air, karbohidrat dan produk akhir yang terbentuk yakni metabolit organik lain seperti asam laktat, asam asetat dan etanol (Suroyya, 2016).

Fermentasi merupakan proses pemecahan substrat organik melalui metabolisme. Fermentasi pada nira terjadi akibat adanya peningkatan jumlah mikroba yang terkandung dalam minuman nira. Kontaminasi mikroba pada nira dapat berasal dari lingkungan, wadah penyadapan maupun sumber kontaminan lainnya (Hawa et al, 2019). Pada nira terjadi proses fermentasi alkohol dan fermentasi asam asetat secara bersamaan.

Fermentasi alkohol merupakan proses penguraian karbohidrat menjadi etanol dan CO₂ yang dihasilkan karena adanya aktifitas mikroba dalam keadaan anaerob (Osvaldo et al, 2012). Kecepatan waktu pertumbuhan pada khamir dapat terjadi per 1 – 3 jam dan akan terus meningkat jumlah selnya dengan cepat (Pratiwi, 2017).

Mikroba yang ditemukan pada nira siwalan yakni jenis khamir yaitu *Saccharomyces cerevisiae* yang dapat tumbuh baik pada pH 3-6. Pada proses fermentasi dapat terjadi pada pH optimum yakni 4,3 – 4,7. Jika pH dibawah 3 maka proses fermentasi akan berjalan lambat sedangkan jika pH terlalu tinggi maka menyebabkan adaptasi khamir lebih rendah namun aktivitas fermentasi meningkat (Silaban, 2017). Menurut Haryanti & Meirina (2009), Pada waktu pagi hari terdapat sinar matahari yang cukup untuk melakukan fotosintesis. Dengan adanya proses fotosintesis pada tumbuhan maka kadar CO₂ di dalam sel-sel akan menurun, hal tersebut dikarenakan sebagai dari CO₂ mengalami reduksi menjadi H₂O, akibat



Gambar 2.6 Reaksi Kimia pada Fermentasi Asam Asetat
(Muchtadi, et al, 2010)

Secara mikrobiologi, bila alkohol dibiarkan terpapar dengan udara (O_2) maka akan berubah menjadi asam. Asam asetat muncul karena adanya aktifitas bakteri *Acetobacter*. Bakteri tersebut bersifat aerob dan untuk mendapatkan energi maka dibutuhkan glukosa sebagai substrat untuk proses oksidasi menjadi karbondioksida dan air. Metabolisme bakteri *Acetobacter* bersifat aerobik dan mempunyai kemampuan untuk mengoksidasi alkohol dan karbondioksida menjadi asam asetat (Yeni et al, 2011). Bakteri dapat tumbuh pada pH sekitar 6,5-7,5. Pada pH dibawah 5 dan diatas 8,5 bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik kecuali bakteri asam asetat. Pertumbuhan dan perkembangan jasad renik pada nira siwalan dapat menyebabkan nira berubah rasa menjadi asam dan berlendir (Suroyya, 2016).

Proses perubahan pada nira tersebut terjadi akibat adanya penurunan pada derajat keasaman (pH). Pada pH yang rendah maka dapat merangsang terjadinya pertumbuhan sel-sel khamir maupun bakteri sehingga sukrosa berubah menjadi alkohol dan asam asetat (Heryani, 2016). Maka hasil dari proses fermentasi pada nira tersebut dapat menyebabkan kadar gula menurun, kadar alkohol meningkat dan derajat keasaman (pH) yang menurun hingga terjadi peningkatan pada kadar asam (Muchtadi et al, 2010).

2.3.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fermentasi pada Nira

Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi:

1. Kadar Gula

Pertumbuhan *yeast* dapat dipengaruhi oleh kadar gula pada nira. Semakin tinggi konsentrasi kadar gula pada nira maka dapat berdampak negatif bagi pertumbuhan dan aktifitas *yeast*. Kadar gula yang baik bagi *yeast* berkisar 10-18%. Apabila kadar gula terlalu pekat maka dapat menyebabkan aktifitas enzim terhambat sehingga waktu fermentasi dapat berjalan lambat. Selain itu, terdapat sisa gula yang tidak terpakai dan jika terlalu encer maka dapat berdampak pada hasil kadar alkohol yang rendah.

2. Suhu

Suhu dapat berpengaruh pada proses fermentasi melalui dua hal yakni secara langsung dapat mempengaruhi aktifitas enzim pada khamir dan secara langsung juga dapat mempengaruhi kadar hasil alkohol karena adanya penguapan. Kecepatan proses fermentasi akan bertambah jika terjadi pada suhu optimum yang pada umumnya berkisar 27-32°C. Pada suhu 27°C kadar etanol dapat menguap sebesar 0,83% dan pada suhu 32°C kadar etanol dapat menguap 1,66%. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh pada suhu maksimal berkisar 40-50°C dan temperature 0°C. Pada interval suhu 15-30°C fermentasi akan mengikuti pola, sehingga dikatakan bahwa semakin tinggi suhu maka proses fermentasi semakin cepat berlangsung.

3. Derajat Keasaman (pH)

Saccharomyces cerevisiae dapat tumbuh pada pH berkisar 3-6. Apabila pH lebih kecil dari 3 maka fermentasi berkurang kecepatannya sedangkan pada pH yang lebih tinggi aktifitas fermentasi meningkat. pH yang optimum untuk proses fermentasi yakni berkisar 4,3 -4,7.

4. Nutrient

Nutrient yang dibutuhkan sebagai tambahan makanan bagi pertumbuhan *yeast*. Beberapa unsur yang penting bagi pertumbuhan *yeast* diantaranya karbon, hidrogen, oksigen, potassium, zat besi, fosfor dan magnesium. Pada unsur karbon terutama diperoleh dari gula, unsur nitrogen diperoleh dari garam ammonium, ammonia, nitrat, peptida, urea dan senyawa lainnya tergantung pada jenis *yeast*.

5. Oksigen

Oksigen diperlukan untuk pertumbuhan *yeast*, namun oksigen tidak digunakan dalam proses pembentukan alkohol karena bersifat anaerob

6. Waktu

Waktu fermentasi pada umumnya terjadi sekitar 7 hari namun hal tersebut bergantung pada kadar gula, suhu dan lain-lain (Silaban, 2017).

2.4 Hubungan Waktu Penyadapan Terhadap Kualitas Nira

Kandungan gula yang terdapat didalam nira dapat menentukan kualitas nira tersebut. Semakin tinggi kadar gula maka semakin baik kualitas nira tersebut. Dikarenakan jika semakin tinggi konsentrasi kadar gula pada nira maka dapat

menyebabkan aktifitas enzim terhambat sehingga waktu fermentasi dapat berjalan lambat (Silaban, 2017).

Pada waktu penyadapan pagi hari didapatkan hasil nira dengan kadar gula tinggi sedangkan pada sore hari terjadi akumulasi kadar gula sehingga menghasilkan kadar gula lebih tinggi. Menurut Kosobryukov (2009), Pada pagi dan siang hari laju proses fotosintesis tinggi sehingga menghasilkan kadar gula juga tinggi. Namun, pada sore hari laju fotosintesis menurun yang menyebabkan siklus calvin meningkat secara signifikan sehingga terjadi akumulasi hasil fotosintesis pagi dan siang hari pada sore hari yang menghasilkan kadar gula yang lebih tinggi. Hal tersebut berkaitan pula dengan faktor yang menentukan laju fotosintesis terhadap intensitas cahaya. Pada pagi dan siang hari memiliki intensitas cahaya yang cukup sehingga memaksimalkan proses fotosintesis dan menghasilkan kadar fotosintat yang optimal, sedangkan pada sore hari memiliki intensitas cahaya yang rendah sehingga proses fotosintesis tidak maksimal (Pertamawati, 2010). Sehingga semakin sore kadar gula akan lebih tinggi dibanding pagi dan siang hari akibat terjadinya akumulasi kadar gula sebagai hasil dari proses fotosintesis.

Suhu dapat mempengaruhi kinerja enzim yang akan menghasilkan gula. Suhu yang efektif untuk melakukan proses fotosintesis berkisar antara 30 - 40°C. Selain suhu, proses fotosintesis dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya cahaya matahari, tahap pertumbuhan tanaman, pigmen penyerapan cahaya, suhu serta ketersediaan CO₂ dan H₂O (Surtinah, 2012).

2.5 Hubungan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Nira

Lama penyimpanan dapat mempengaruhi kualitas nira. Kualitas nira dapat dipengaruhi oleh lama penyimpanan, karena kadar gula yang terkandung pada nira sangat mudah terfermentasi. Kerusakan nira mulai terjadi pada saat nira mulai keluar dari malai kemudian jatuh tertampung pada wadah tampungan. Cairan yang baru keluar dari malai adalah steril dengan pH netral, namun beberapa waktu kemudian pH akan menurun (Matana & Mashud, 2014).

Semakin lama waktu penyimpanan dapat menyebabkan terjadinya penurunan pH pada nira. Penurunan pH yang terjadi disebabkan karena adanya kandungan gula yang ada didalam nira dan merupakan media tumbuh yang baik bagi mikroba misalnya khamir maupun bakteri sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada nira dan mampu memfermentasikan nira (Ismawati & Yuniastri, 2019).

2.6 Sumber Belajar

2.6.1 Deskripsi Sumber Belajar

Sumber belajar merupakan semua sumber seperti orang, pesan, alat, bahan, teknik dan latar yang dapat dimanfaatkan oleh peserta didik sebagai sumber untuk kegiatan belajar agar meningkatkan kualitas belajar. Sedangkan pengertian sumber belajar dari segi pembuatannya ialah seperangkat bahan atau situasi belajar yang dengan sengaja atau tidak sengaja diciptakan untuk peserta didik agar dapat belajar baik secara individual maupun bersama-sama dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, mudah serta menyenangkan dalam proses pembelajaran (Abdullah, 2012).

2.6.2 Fungsi Sumber Belajar

Berikut ini merupakan fungsi dari sumber belajar ialah :

- 1) Dapat meningkatkan produktivitas pembelajaran dengan mempercepat laju belajar, menggunakan waktu secara efisien dan mengurangi beban guru dalam menyajikan informasi sehingga lebih banyak waktu untuk membina dan mengembangkan semangat belajar siswa
- 2) Dapat memberikan kemungkinan pembelajaran yang sifatnya lebih individual dengan memberikan kesempatan kepada siswa agar belajar yang sesuai dengan kemampuannya
- 3) Dapat memberikan dasar yang lebih ilmiah pada pengajaran dengan perencanaan program pembelajaran yang lebih sistematis dan pengembangan bahan berbasis penelitian
- 4) Dapat lebih memantapkan pembelajaran dengan meningkatkan kemampuan siswa dalam penggunaan berbagai media komunikasi serta penyajian data dan informasi secara lebih konkrit
- 5) Dapat memungkinkan belajar seketika dengan pengurangan jurang pemisah antara pelajaran yang memiliki sifat verbal dan abstrak dengan realitas dengan sifat konkrit dan memberikan pengetahuan yang bersifat langsung
- 6) Dapat memungkinkan penyajian pembelajaran yang luas dengan pemanfaatan media massa agar memperleh pengetahuan yang lebih luas (Abdullah, 2012).

2.6.3 Syarat – Syarat Sumber Belajar

Suatu bahan dapat dijadikan sumber belajar yakni harus memenuhi beberapa persyaratan dibawah ini diantaranya kejelasan potensi, kejelasan sasaran, kesesuaian

dengan tujuan pembelajaran, kejelasan dalam informasi yang akan diungkap, kejelasan dalam pedoman kegiatan (eksplorasi), dan kejelasan hasil yang diharapkan (Kurniawan, 2014).

2.6.4 Kriteria Pemilihan Sumber Belajar

Kriteria umum pada pemilihan sumber belajar diantaranya ialah :

- 1) Ekonomis, dalam artian yakni murah namun tidak berpatok pada harga yang selalu murah tapi dilihat juga pemanfaatan yang dapat digunakan dalam jangka waktu panjang
- 2) Praktis dan sederhana, yang memiliki arti tidak memerlukan pelayanan yang sulit dan langka
- 3) Mudah diperoleh, dalam artian yakni tersedia dimana-mana dan tidak perlu diadakan maupun dibeli
- 4) Bersifat fleksibel, yang memiliki arti dapat dimanfaatkan untuk berbagi secara intruksional dan tidak dipengaruhi oleh faktor luar seperti kemajuan teknologi, budaya, nilai dan lainnya
- 5) Komponen-komponennya sesuai dengan tujuan, dalam artian ini dapat digunakan untuk menghindari hal-hal diluar kemampuan guru (Nur, 2012).

Pemanfaaaatan sebagai sumber belajar yang digunakan dalam penelitian “ Pengaruh Waktu Penyadapan Nira dan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) “ adalah poster. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui adanya pengaruh waktu penyadapan terhadap kualitas nira dan adanya pengaruh lama penyimpanan terhadap kualitas nira.

Hasil dari penelitian akan dituangkan dalam bentuk poster. Penjelasan dari hasil penelitian yang ada di dalam poster akan disesuaikan dengan KD 3.2 Memahami proses metabolisme yang meliputi peran enzim, perubahan molekul dan perubahan energi. Adapun penjelasan yang terdapat didalam poster yakni menjelaskan proses fermentasi yang terjadi pada nira siwalan yang meliputi faktor penyebab fermentasi, dampak dari hasil fermentasi, dan penjelasan tentang hasil penelitian yang berupa kadar gula, kadar alkohol, derajat keasaman (pH), serta uji organoleptik.

2.6.5 Poster

Poster pada umumnya bersifat simbolik yang dirancang untuk memberi pesan secara cepat dan singkat. Poster yang baik biasanya akan memiliki ciri-ciri berwarna, ide disajikan secara tunggal, tulisannya jelas, penuh dengan variasi, lugas dan sering memunculkan pertanyaan yang berlebihan. Guru menggunakan media poster untuk memulai, mengembangkan maupun menyimpulkan suatu pembahasan tertentu pada pembelajaran (Ikhsan et al, 2017).

Poster bersifat persuasif yakni dengan maksud dapat menarik perhatian dengan menyaukan gambar, tulisan, warna dan kata-kata. Poster dapat digunakan sebagai sumber belajar secara efektif yang diharapkan untuk dapat memotivasi siswa dan memberikan pengalaman kreatif karena melalui media poster siswa dapat berperilaku positif, disiplin, dan memiliki nilai positif serta kreatif (Wijayanti et al, 2016).

Poster memiliki kelebihan dan kekurangan. kelebihanannya yakni harganya yang terjangkau bagi seorang guru dan dapat digunakan sebagai sumber belajar

sedangkan kekurangannya yakni memerlukan keahlian bahasa ilustrasi dalam pembuatan media poster, dapat menimbulkan salah tafsir, memiliki kata-kata dan symbol-simbil yang singkat, membutuhkan proses penyusunan dan penyebaran yang kompleks serta membutuhkan waktu yang relatif lama dan jenis bahan yang mudah sobek sehingga tidak akan bertahan dengan waktu yang cukup panjang (Susilawati, 2018).

2.6.5.1 Fungsi Poster

Poster berfungsi untuk menarik minat peserta didik terhadap pesan-pesan yang akan disampaikan, mencari dukungan tentang suatu hal serta sebagai metode untuk peserta didik agar tertarik dan melaksanakan pesan yang disampaikan dalam poster juga memungkinkan dapat dilihat sesering mungkin tanpa harus melalui computer maupun televisise. Pemanfaatan media pembelajaran dengan menggunakan poster secara optimal dapat memperlancar aktivitas pembelajaran dan mempermudah interaksi antara guru dan siswa sehingga kegiatan belajar lebih efektif (Susilawati, 2018).

2.6.5.2 Kriteria-Kriteria Poster

Media pembelajaran dengan menggunakan poster dapat dikatakan baik apabila memenuhi beberapa kriteria dibawah ini :

- 1) Tingkat keterbacaan (Readability)
- 2) Mudah dimengerti (legibility)
- 3) Mudah dilihat (visibility)
- 4) Komposisi yang baik (Susilawati, 2018)

2.6.5.3 Instrumen Penilaian Poster

Instrument adalah suatu alat yang memenuhi persyaratan dalam akademis dan dapat digunakan sebagai alat untuk mengukur suatu objek ukur atau mengumpulkan data mengenai sebuah variabel. Suatu alat yang digunakan untuk mengukur dapat dikatakan sebagai alat ukur yang valid apabila alat tersebut dapat mengukur apa yang ingin diukur secara tepat (Matodang, 2009).

Kelayakan media poster yang digunakan sebagai sumber belajar pada materi “Metabolisme” dapat diketahui dengan cara validasi pada media poster dengan menggunakan instrument berupa lembar validasi. Validasi instrument pada poster dilakukan agar sesuai dengan kriteria penilaian poster. Validasi instrument pada media poster dilakukan oleh dua dosen penguji dari Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Malang yakni dosen pertama sebagai penguji kelayakan media belajar dan dosen kedua sebagai penguji kelayakan materi. Hal validasi tersebut menunjukkan bahwa instrument validasi yang digunakan untuk memvalidasi media poster sebagai sumber belajar layak digunakan oleh siswa.

Tabel 2.1 Kriteria Validasi Kelayakan Media Poster

Aspek		Validator (Vi)					(Ki)	(Ai)
		1	2	3	4	5		
Format	1. Keserasian warna, gambar, tata letak serta latar belakang							
	2. jenis dan ukuran poster yang efektif untuk pembelajaran tingkat SMA							
	3. Penggunaan huruf serta ukuran huruf mudah untuk dibaca							
Isi	4. Konsep dalam poster sesuai dengan materi pokok pada silabus							
	5. Media poster dapat digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran							
	6. Media poster dapat menjelaskan konsep materi metabolisme							
	7. Media poster dapat membantu guru menyampaikan kepada siswa dalam memahami submateri metabolisme							
	8. Kesesuaian anatara konsep metabolisme dengan isi poster							
	9. Bersifat membantu guru untuk merangsang rasa keingintahuan siswa							
	10. Kelengkapan kalimat atau informasi yang disajikan dalam media poster							
Bahasa	11. Bahasa yang digunakan mudah untuk dipahami							
Keefektifan	12. Ketahanan media poster							
	13. Keefektifan media poster waktu pembelajaran							
	14. Penggunaan poster dalam pembelajaran							
RTVtk								

Keterangan :

Ki : Rata-rata tiap kriteria

Ai : Rata-rata tiap aspek

RTVtk : Rata-rata total validasi

Sumber : (Ismauddin et al, 2011).

2.7 Pemanfaatan Poster dalam Pembelajaran

Pemanfaatan poster sebagai sumber belajar melalui beberapa tahapan yakni analisis validasi RPP dan analisis validasi poster sebagai sumber belajar.

2.7.1 Analisi Validasi RPP

RPP yang akan dikembangkan terlebih dahulu akan divalidasi untuk melihat kelayakannya. RPP yang disusun dengan langkah penyusunan RPP. Menurut Permendikbud No.22 tahun 2012 RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) adalah rencana pembelajaran yang dikembangkan dengan rinci dari suatu materi pokok atau tema tertentu yang menjadikan silabus sebagai acuan. RPP dikembangkan dari silabus yang berfungsi untuk mengarahkan kegiatan pembelajaran siswa dalam mencapai Kompetensi Dasar (KD).

RPP disusun berdasarkan KD yang dilaksanakan dalam beberapa kali pertemuan yang sesuai dengan alokasi waktu yang telah ditentukan. RPP memiliki fungsi sebagai acuan untuk seorang guru dalam pelaksanaan kegiatan pembelajaran agar aktifitas pembelajaran dapat menjadi lebih terarah dan terlaksana secara efektif dan juga efisien (Mariyah et al, 2018).

Berdasarkan Permendikbud No. 37 tahun 2018, materi yang sesuai dengan hasil penelitian yakni “metabolisme” dengan Kompetensi Dasar (KD) 3.2 Memahami proses metabolisme yang meliputi peran enzim, perubahan molekul dan perubahan energi. Pada KD ini siswa diharapkan mendalami materi dengan alokasi waktu 2 JP. Pengalokasian waktu dan penentuan KD digunakan untuk mempermudah siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran.

2.7.2 Analisis Validasi Poster sebagai Sumber Belajar

Informasi dari hasil penelitian pengaruh waktu penyadapan nira dan lama penyimpanan terhadap kualitas nira siwalan disusun serta dimanfaatkan sebagai media poster yang bertujuan dalam membantu peserta didik dalam memahami materi “metabolisme” agar dapat mencapai tujuan pembelajaran. Berdasarkan Permendikbud No 37 tahun 2018 di KD 3.2 Memahami proses metabolisme yang meliputi peran enzim, perubahan molekul dan perubahan energi. Adapun tujuan yang ingin dicapai dari indikator tersebut yakni siswa dapat memahami proses metabolisme dengan terjadinya reaksi enzimatik pada makhluk hidup.

2.8 Kerangka Konsep

Waktu penyadapan dilakukan selama 2 kali sehari. Pada penyadapan pertama dilakukan sekitar pukul 07.00 dan penyadapan kedua dilakukan sekitar pukul 16.00. Tidak tepatnya waktu melakukan penyadapan dapat menyebabkan rendahnya kualitas dan kuantitas nira yang diperoleh dari hasil sadapan (Lempang & Mangopang, 2012).

Kualitas nira juga dapat dipengaruhi oleh lama penyimpanannya. Semakin lama penyimpanan menyebabkan pH nira semakin rendah akibat adanya proses fermentasi oleh khamir sehingga kualitas nira ikut menurun (Mulyawanti et al, 2011). Nira yang memiliki kualitas baik mengandung pH sekitar 4-6, kadar gula >12% dan kadar alkohol <5% (Heryani, 2016) .

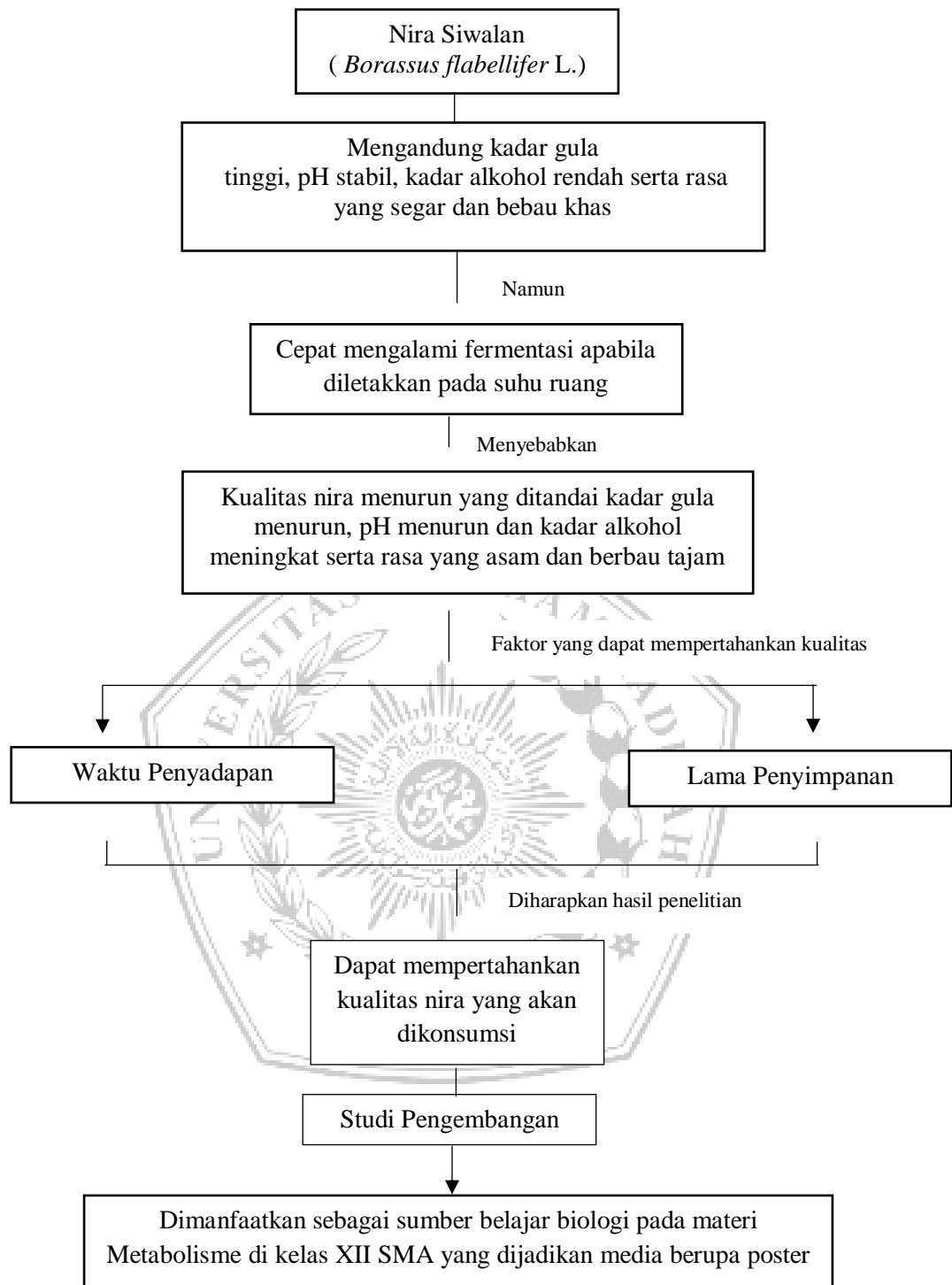
Nira yang disimpan pada suhu kamar akan mengalami proses fermentasi atau peragian gula karena adanya proses enzimatik. Fermentasi pada nira dapat terjadi akibat adanya peningkatan jumlah mikroba yang terkandung dalam minuman nira.

Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya proses fermentasi diantaranya kadar gula, derajat keasaman (pH), suhu, nutrient, oksigen dan waktu (Silaban, 2017).

Kontaminasi mikroba pada nira dapat berasal dari lingkungan, wadah penyadapan maupun sumber kontaminan lainnya (Hawa et al, 2019). Setelah mengalami proses fermentasi maka akan terjadi perubahan kandungan senyawa kimia yakni ditandai dengan menurunnya nilai derajat keasaman (pH), naiknya kadar alkohol dan kadar gula menjadi semakin rendah (Suroyya, 2016).

Selain terjadi perubahan secara kimiawi, proses fermentasi nira juga ditandai dengan perubahan secara fisik yakni nira yang telah menurun kualitasnya dapat ditandai dengan mulai timbul rasa asam, bau yang tajam, berledir dan juga berbuih (Suryandi, 2010). Dalam keadaan segar nira memiliki rasa yang manis, berbau harum yang khas dan tidak berwarna (Suryandi, 2010).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar biologi untuk siswa SMA kelas XII dalam materi Metabolisme yang dirancang berupa media poster.



Gambar 2.7 Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis Penelitian

- 1) Ada perbedaan waktu penyadapan nira terhadap kualitas nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).
- 2) Ada perbedaan lama penyimpanan terhadap kualitas nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).
- 3) Ada interaksi antara waktu penyadapan nira dan lama penyimpanan terhadap kualitas nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.).

